# 费米耀变体的喷流功率与多波段光度的相关性研究[1]

马凯旋[1,2] 张皓晶†[1,2] 晏培琳[1,2] 陆林[1,2] 张欢[1,2]

1（云南师范大学 物理与电子信息学院，云南 昆明 650500）

2（云南省高校高能天体物理重点实验室，云南 昆明 650500）

摘 要：耀变体的喷流辐射机制是一个非常重要的问题。本文从文献中收集了442个耀变体的数据，这些耀变体包括215个平谱射电类星体（FSRQ）和227个蝎虎天体（BL Lac），通过数据研究了耀变体的喷流功率与多波段光度的相关性。研究结果表明：(1）对于FSRQ，喷流功率与射电、光学波段、X 射线和γ射线的光度都有强相关性。且其光度分布顺序为 $logL_{\gamma}$>$logL_O$>$logL_X$>$logL_R$。（2）对于BL Lac，喷流功率与射电、光学波段和γ射线的光度都有强相关性。但是喷流功率与 X 射线的光度只有弱相关；BL Lac 的光度分布顺序为 $log\ L_O$>$logL_{\gamma}$>$logL_X$>$logL_R$，而且BL lac的各波段光度都小于FSRQ。我们认为这些差异是由于FSRQ与BL Lac的内禀属性不同所导致的,即吸积模式的不同和喷流辐射机制的不同等。

关键词：费米耀变体； 喷流功率； 光度； 吸积模式

中图分类号: P157 文献标识码: A

## 1 引言

活动星系核( Active Galactic Nucleus，AGN) 是非常特殊的一类河外高光度辐射、高偏振、超大质量中心黑洞的源，其寄主星系被称为活动星系[1]。而耀变体是AGN中的一个极端子类，它具有快速大幅光变、视超光速运动等特性[2]。根据其弱发射线等值宽度（EW）不同，耀变体可分为蝎虎天体(BL Lac，EW<0.5nm) 和平谱射电类星体(FSRQ,EW>0.5nm)， 一般认为，耀变体的喷流视角较小，几乎正面指向观测者[3]。而喷流的形成机制一直是天体物理中悬而未决的一个问题[4]。有许多模型被提出用来解释喷流的起源问题，其中有喷流通过黑洞吸积释放盘的重力势能产生（Blandford - Payne,BP 过程[5]）和通过提取黑洞的转动能(Blandford & Znajek,BZ 过程[6])的模型应用最为广泛。

耀变体的宽带能谱分布呈现双峰结构，一般认为低能峰是由喷流内部相对论性电子在磁场中同步辐射产生，但高能峰的产生机制仍存在很大的争议：轻子模型认为高能辐射是由相对论电子（正电子）逆康普顿散射软光子产生[7]，强子模型则认为高能辐射是由相对论性质子的同步辐射、质子诱发级联过程或质子核碰撞过程等产生[8-10]。其中轻子模型根据软光子的来源不同又可以分为两类[11]：1、软光子由相对论电子同步辐射产生，该模型被称为同步自康普顿模型（SSC）[12-13]；2、软光子来自于喷流外部，可能的来源有宽线区、尘埃环和吸

*基金项目：国家自然科学基金（11063004），云南省中青年学术和技术带头人后备人才（2017HB020）资助

作者简介：马凯旋，男，硕士研究生，研究方向：活动星系核 Email：806249251@qq.com

†通讯作者：张皓晶，男，副教授，研究生导师，博士后。研究方向：活动星系核 Email：kmzhanghz@163.com

积盘，该模型被称为外康普顿模型（EC）[14-16]。

因为喷流在耀变体的辐射中扮演着一个重要的角色，对喷流的相关研究能够加深我们对的耀变体的辐射、吸积等物理本质的理解。故本文通过对喷流功率与耀变体多波段光度的相关性研究，探讨了耀变体的吸积模式，喷流的辐射机制等问题。

## 2 样 本 选 择

### 2.1 单色光度统计样本的选择

文[17]使用最小二乘法通过公式：

$$\log(vF_v) = P_1(\log v - P_2)^2 + P_3$$

对 Fermi-LAT 第 3 期源数据列表（3FGL）[18]的 1425 个耀变体进行了 SED 拟合，最终成功获取了 1392 个源的 SED，并计算了其峰值频率，峰值光度，单色光度等数值。我们从其中选取了 442 个源，其中 215 个是平谱射电类星体（FSRQS），227 个是蝎虎天体（BL Lac）。这些源具有确定的红移，确定分类，以及射电（1.4GHz），光学 R 波段（4.68×$10^{14}Hz$），X-ray（1keV），γ-ray（1GeV）的光度，即 $L_R$，$L_O$，$L_X$ 和 $L_\gamma$。这些光度通过公式 $L = 4\pi d_L^2 \nu f_\nu$ 计算，其中 $d_L = (1+z)\cdot\frac{c}{H_0}\cdot\int_1^{1+z}\frac{1}{\sqrt{\Omega_M x^3+\Omega_\Lambda}}dx$，称为光度距离[19]；取哈勃常数 $H_0$=67kms$^{-1}Mpc^{-1}$，物质能量密度$\Omega_M = 0.3$，无量纲宇宙学常数$\Omega_\Lambda = 0.7$。$f_v$是对应频率$v$处的流量密度，所有的流量密度都已通过公式$f_v = f_v^{ob}(1+z)^{\alpha_v - 1}$进行了 K 修正，其中$\alpha_\nu$是频率$\nu$处的谱指数，z 是红移。

### 2.2 喷流功率统计样本的选择

文[20]收集了 48 个耀变体的准同时性数据并拟合了其同步辐射和逆康普顿峰（IC），得到光子谱指数和 IC 峰的频率为：$log\, v_{IC}^p = -4\Gamma + 31.6$； γ射线光度和 IC 峰的光度的关系为：$log\, L_{IC}^p = (0.946 \pm 0.018)\, log\, L_\gamma + (2.18 \pm 0.88)$。文[21]根据此关系利用从文[18]与文[22]获取的观测 γ 射线光度和光子谱指数估算 IC 峰的峰值光度和峰值频率，并结合从文[17]中获取的同步峰值频率和峰值流量等数据通过单区同步辐射+逆康普顿散射模型估算了喷流的物理参数，对于 FSRQ 其应用了 EC 模型，对 BL Lac 应用的则是 SSC 模型。我们从文[21]中收集选取了与文[17]中对应的 442 个源的喷流功率的数据，喷流功率通过公式$P_{jet} = 2\pi R^2 c\Gamma^2(U_B + U_e + U_P)$计算，其中$U_B$，$U_e$和$U_p$分别是喷流共动坐标系中的磁场能量密度，电子密度以及质子密度。分别通过公式$U_B = B^2/8\pi$，$U_e = \int N(\gamma)\gamma m_e c^2\, d\gamma = N_0\gamma_0^2 m_e c^2\sqrt{\pi\, log\, 10/b}10^{1/4b}$和$U_P = m_p c^2\int N(\gamma)d\gamma = N_0\gamma_0 m_p c^2\sqrt{\pi\, log\, 10/b}10^{1/b}$计算得出[23]。上述公式中 R 是辐射区半径，c 是光速，Γ 是洛伦兹因子，B 是磁场强度，$N(\gamma)$是电子能量分布，其表达式为 $N(\gamma) = N_0(\frac{\gamma}{\gamma_0})^{-3}10^{-b\, log^2(\frac{\gamma}{\gamma_0})}$，$m_e$是电子质量，b 是光谱曲率参数。

值得注意的是，考虑到耀变体具有快速光变这一特性，上述两类数据最好使用同时性的观测数据，但是这对于大样本并不容易实现，在目前现有观测数据的基础上，本文的分析结

果仍然具有一定的统计意义。下面是我们用到的样本的相关数据表，每一列分别表示：（1）3FGL 名称；（2）红移 z；（3）分类：F 表示 FSRQ，B 表示 BL Lac；（4）射电波段光度；（5）光学波段光度；（6）X 射线波段光度；（7）γ 射线波段光度；(4)(5)(6)(7)数据引用自文[17]；（8）喷流功率，数据引用自文[21]。表一中为了减少篇幅，我们仅给出部分数据，全表数据可找作者索取。

表一 耀变体样本

Tab.1 Sample of Blazars

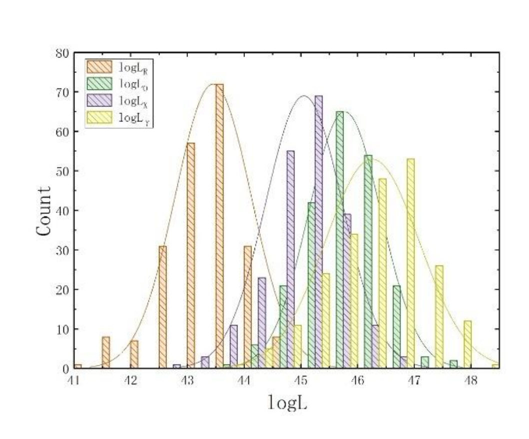
| 源名称(1) | z(2) | C(3) | $L_R$(4) | $L_O$(5) | $L_X$(6) | $L_\gamma$(7) | $P_{jet}$(8) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| J0006.4+3825 | 0.229 | F | 41.98 | 44.53 | 43.44 | 44.41 | 45.4 |
| J0016.3-0013 | 1.577 | F | 43.96 | 45.49 | 45.02 | 46.67 | 46.4 |
| J0017.6-0512 | 0.227 | F | 41.46 | 44.3 | 43.78 | 44.48 | 45.1 |
| J0035.2+1513 | 0.25 | B | 40.57 | 45.09 | 44.14 | 44.27 | 45.5 |
| J0035.9+5949 | 0.086 | B | 40.51 | 43.99 | 43.44 | 43.82 | 45.6 |
| J0038.0-2501 | 0.498 | F | 42.54 | 45.27 | 44.77 | 45.07 | 45.9 |
| J0050.6-0929 | 0.635 | B | 43.13 | 45.94 | 45.19 | 46.03 | 46.9 |
| J0051.0-0649 | 1.975 | F | 44.06 | 46.02 | 45.51 | 46.88 | 46.8 |
| J0056.3-0935 | 0.103 | B | 40.81 | 44.44 | 43.66 | 43.22 | 46.5 |
| J0059.6+0003 | 0.719 | F | 43.65 | 45.84 | 44.86 | 45.25 | 46.4 |
| J0108.7+0134 | 2.099 | F | 44.57 | 46.06 | 45.69 | 47.66 | 47 |
| J0112.1+2245 | 0.265 | B | 41.94 | 45.66 | 47.07 | 45.4 | 46.8 |
| J0113.4+4948 | 0.389 | F | 42.52 | 44.86 | 44.1 | 44.99 | 45.9 |
| J0115.8+2519 | 0.358 | B | 41.2 | 44.94 | 44.45 | 44.87 | 44.6 |
| J0116.0-1134 | 0.67 | F | 43.44 | 45.36 | 44.91 | 45.76 | 46.2 |
| J0118.8-2142 | 1.165 | F | 43.33 | 45.29 | 44.5 | 46.79 | 46.2 |
| J0118.9-1457 | 0.115 | B | 39.33 | 43.5 | 43.24 | 43.07 | 43.6 |
| J0120.4-2700 | 0.559 | B | 43 | 46.05 | 44.43 | 45.8 | 46.5 |
| J0122.8+3423 | 0.272 | B | 41.03 | 44.38 | 45.15 | 43.7 | 44.8 |
| J0126.1-2227 | 0.72 | F | 43.04 | 45.31 | 44.2 | 45.59 | 46.1 |
| … | … | … | … | … | … | … | … |
| J2217.0+2421 | 0.505 | B | 42.66 | 44.5 | 43.95 | 45.27 | 47.7 |
| J2225.8-0454 | 1.404 | F | 44.62 | 47.5 | 45.67 | 46.83 | 47 |
| J2229.7-0833 | 1.56 | F | 43.9 | 46.26 | 45.91 | 47.24 | 46.6 |
| J2232.5+1143 | 1.037 | F | 44.43 | 46.27 | 45.71 | 46.88 | 46.8 |
| J2236.5-1432 | 0.325 | B | 42.27 | 44.49 | 43.55 | 45.58 | 47.9 |
| J2243.4-2541 | 0.774 | B | 43.36 | 45.88 | 44.8 | 46.02 | 46.9 |
| J2254.0+1403 | 0.327 | B | 40.6 | 44.5 | 43.35 | 44.46 | 45.2 |
| J2254.0+1608 | 0.859 | F | 44.49 | 47.54 | 46.41 | 47.49 | 47.2 |
| J2258.0-2759 | 0.926 | F | 43.57 | 45.92 | 45.07 | 46.58 | 46.7 |
| J2327.7+0941 | 1.843 | F | 43.92 | 46.25 | 45.94 | 47.21 | 46.5 |
| J2329.9-4734 | 1.304 | F | 44.14 | 46.63 | 45.65 | 45.94 | 46.5 |
| J2330.4-3726 | 0.279 | B | 41.88 | 44.83 | 43.3 | 44.19 | 46.1 |
| J2330.5+1104 | 1.489 | F | 43.96 | 46.08 | 45.12 | 46.41 | 46.4 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| J2334.1+0732 | 0.401 | F | 42.53 | 45.38 | 44.27 | 45.02 | 45.8 |
| J2345.2-1554 | 0.621 | F | 42.48 | 44.97 | 44.16 | 46.46 | 46.1 |
| J2347.0+5142 | 0.044 | B | 40.15 | 44.4 | 42.97 | 43.11 | 44.5 |
| J2348.0-1630 | 0.576 | F | 43.29 | 45.54 | 44.69 | 45.84 | 46.7 |
| J2357.8-5310 | 1.006 | F | 43.76 | 46.12 | 45.54 | 46.14 | 46.3 |
| J2359.3-3038 | 0.165 | B | 40.73 | 44.05 | 45.09 | 43.84 | 44.5 |

## 3 结果分析

### 3.1 多波段光度的分布

在文[17]中，作者研究了各波段光度之间的相关性，但是并没有直观的研究光度的分布，于是我们利用筛选出的数据分别研究了215个FSRQs和227个BL Lacs的各波段光度的分布，并以图形的形式呈现如下。



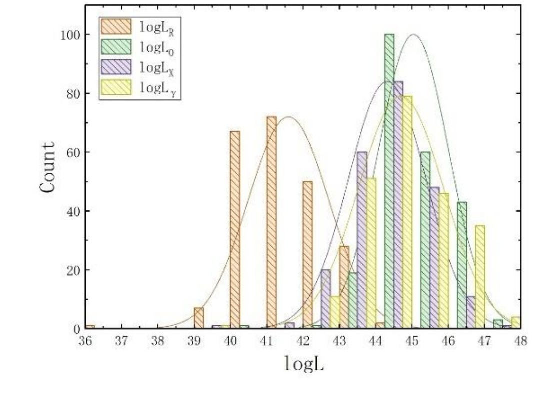




图 1 平谱射电类星体的光度分布

Fig.1 The luminosity distrBution of FSRQs

图 2 蝎虎天体的光度分布

Fig.2 The luminosity distrBution of BL Lacs

图1为FSRQs的各个波段的光度分布情况，并用高斯分布对其进行了拟合，图中横坐标为对光度取对数后的值，单位是$erg\cdot s^{-1}$，纵坐标表示数据的样本数。FSRQs的射电，光学波段，X射线光度以及γ射线光度分别由棕色、绿色、紫色和黄色的条形表示，他们分别分布在$41.46erg\cdot s^{-1}$至$44.78erg\cdot s^{-1}$，$43.96erg\cdot s^{-1}$至$47.54erg\cdot s^{-1}$，$42.87erg\cdot s^{-1}$至$46.89erg\cdot s^{-1}$，以及$43.75erg\cdot s^{-1}$至$48.01erg\cdot s^{-1}$的范围内，其平均值分别为：43.45erg$\cdot s^{-1}$，45.77 erg$\cdot s^{-1}$，45.05 erg$\cdot s^{-1}$与46.26 erg$\cdot s^{-1}$。既光度的分布按从大到小的顺序为：$logL_{\gamma}>logL_O>logL_X>logL_R$，这一点也可从图中看出。

图2是BL Lacs的各个波段的光度分布情况，图中的坐标与符号标记与图1相同，BL Lacs的射电，光学波段，X射线光度以及γ射线光度分别分布在$36.43erg\cdot s^{-1}$至$44.14erg\cdot s^{-1}$，$40.17erg\cdot s^{-1}$至$47.47erg\cdot s^{-1}$，$39.38erg\cdot s^{-1}$至$47.07erg\cdot s^{-1}$以及$39.23erg\cdot s^{-1}$至

$47.28 erg \cdot s^{-1}$的范围内，其平均值分别为：41.60erg $\cdot s^{-1}$, 45.04 erg $\cdot s^{-1}$，44.32 erg $\cdot s^{-1}$与 44.70 erg $\cdot s^{-1}$。与 FSRQs 不同，BL Lacs 光度的分布按从大到小的顺序为：$log\ L_O > logL_\gamma > logL_X > logL_R$。

从上述分布图可以看出，FSQR 与 BL Lacs 在光度的分布上有很大不同，并且整体上 FSRQ 在各波段的光度都比 BL Lac 的光度大。再结合文[21]中的图 4，FSRQ 整体的喷流功率也比 BL Lacs 的大。我们认为这些差异可能是因为 FSRQs 与 BL Lacs 的内禀属性的不同导致的，即 FSRQS 应该处于耀变体演化序列的更早期，相较于 BL Lacs 而言，它的中心黑洞周围的吸积物质更多，吸积活动也更强，对应着一个标准的冷的（cold）吸积盘，故而能够产生更强的光度和喷流强度，而 BL Lacs 的弱吸积活动则对应着径移主导吸积流[24]，这与之前的研究结果一致[25-26]。

3.2　喷流功率与多波段光度的相关性分析

我们研究了喷流功率与多波段光度的相关性。我们采用最小二乘法利用方程 Y=aX+b 进行线性拟合，X 代表喷流功率，Y 代表光度，a 为斜率，b 则是截距。

图 3 显示的是耀变体喷流功率和其射电光度关系的线性拟合，横坐标为取对数后的喷流功率，纵坐标为耀变体的取过对数后的射电光度。绿色空心圆代表 FSRQs，红色实心圆表示的是 BL Lacs；绿色短划线、红色点线以及黑色实线分别是 FSRQs、BL Lacs 和整体耀变体的喷流功率与射电光度的线性拟合。从图中可以看出，整体耀变体及其两个子类 FSRQs 和 BL Lacs 的喷流功率和射电光度的相关性略有不同，但是都非常好，它们的相关系数 r 分别为 0.78（N=442）、0.72(N=215)和 0.81(N=227)，置位概率 P 均小于$10^{-4}$。

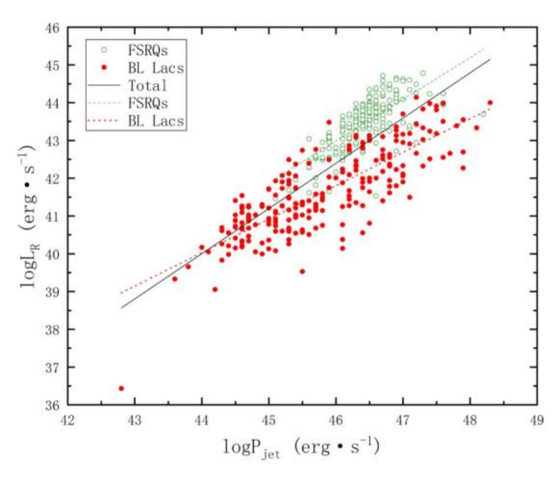


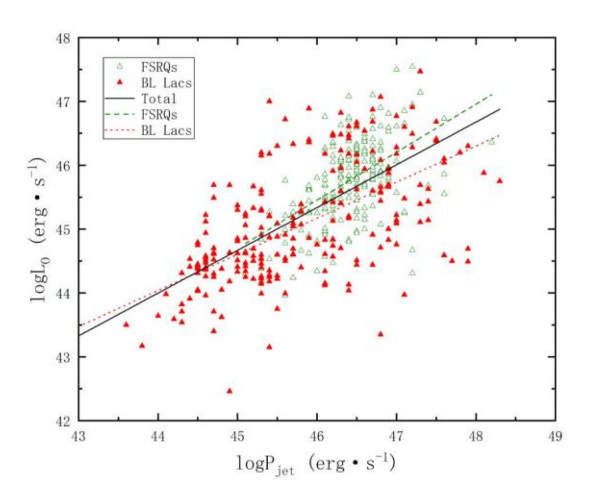

图 3 喷流功率与射电光度的关系

Fig.3 the Correlations between jet power and radio luminosity

图 4 喷流功率与光学波段光度的关系

Fig.4 the Correlations between jet power and optical luminosity

图 4 显示的是耀变体喷流功率和其光学波段光度关系的线性拟合，横坐标与拟合线表示



与图 3 相同，纵坐标为取对数后的 X 射线光度，不同的是用绿色空心三角形代表 FSRQs,红色实心三角形表示 BL Lacs。同样可以看出，耀变体整体及 FSRQs 和 BL Lacs 的喷流功率与光学波段光度的相关性也比较好。他们的相关系数分别为 0.64（N=442）、0.52(N=215)和 0.60(N=227)，置位概率 P 均小于$10^{-4}$。

图 5 表示的是耀变体喷流功率和其 X 射线光度关系的线性拟合，横坐标与拟合线表示与图 3 相同，纵坐标为取对数后的光学波段光度，我们用绿色空心菱形表示 FSRQs,红色实心菱形代表 BL Lacs。由图中可以看出，耀变体整体及 FSRQs 的喷流功率与 X 射线光度具有较强的相关性，但是 BL Lacs 的喷流功率与 X 射线光度则只有弱相关。相应的相关系数分别为 0.39（N=442）,0.64(N=215)和 0.20(N=227)。耀变体整体及 FSRQs 的拟合结果的置位概率均小于$10^{-4}$，BL Lacs 的置位概率 P 为 0.0027。

图 6 则是耀变体喷流功率和其 γ 射线光度关系的线性拟合，我们用绿色空心星型表示 FSRQs，红色实心星型表示 BL Lacs,横坐标轴及拟合线都仍与图 3 相同，纵坐标为取对数后的 γ 光度。与射电光度和光学波段光度类似，γ 射线光度与喷流功率也具有强相关。耀变体整体和子类FSRQs与BL Lacs对应的相关系数为0.71(N=442),0.58(N=215)和0.70(N=227)；置位概率 P 均小于$10^{-4}$。

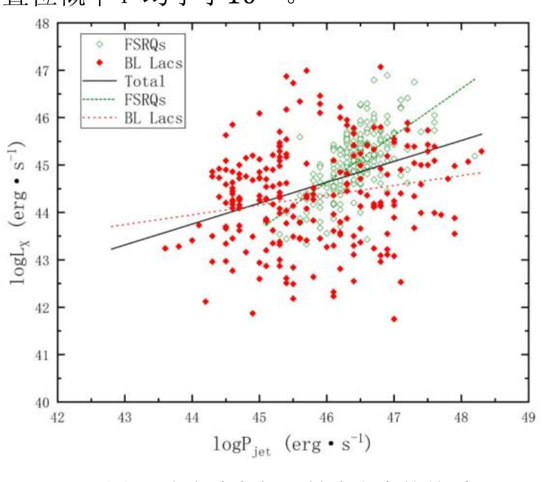
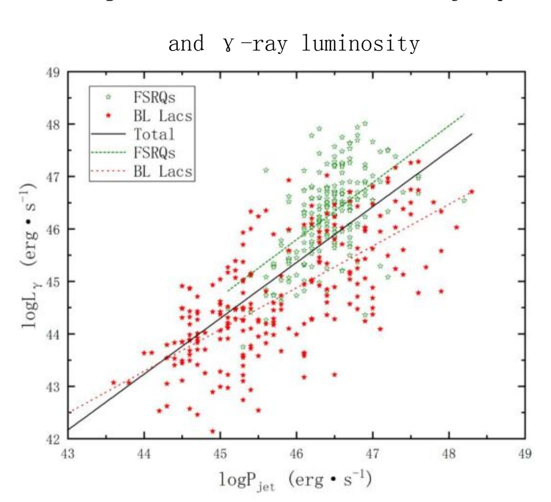



图 5 喷流功率与 X 射线光度的关系

Fig.5 the Correlations between jet power and x-ray luminosity

图 6 喷流功率与 γ 射线光度的关系

Fig.6 the Correlations between jet power and γ-ray luminosity




我们将线性拟合的结果直观的列在表 1 中，其中样本类型为 sample，N 表示样本中源的数目，a 为线性拟合时回归方程的斜率，b 为截距，r 是相关系数，P 是置位概率。

**表二 喷流功率与光度的相关性**

Tab.2 Correlations between jet power and luminosity

| X | Y | Sample | N | a | b | r | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\log P_{jet}$ | $log\, L_R$ | Blazar | 442 | 1.20±0.05 | -12.67±2.08 | 0.78 | $<10^{-4}$ |
| $\log P_{jet}$ | $log\, L_R$ | FSRQ | 215 | 1.10±0.07 | -7.76±3.34 | 0.72 | $<10^{-4}$ |
| $\log P_{jet}$ | $log\, L_R$ | BL Lac | 227 | 0.89±0.04 | 1.06±1.92 | 0.81 | $<10^{-4}$ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\log P_{jet}$ | $\log L_O$ | Blazar | 442 | 0.67±0.04 | 14.54±1.78 | 0.64 | <10⁻⁴ |
| $\log P_{jet}$ | $\log L_O$ | FSRQ | 215 | 0.75±0.09 | 10.86±3.95 | 0.52 | <10⁻⁴ |
| $\log P_{jet}$ | $\log L_O$ | BL Lac | 227 | 0.57±0.05 | 19.16±2.32 | 0.60 | <10⁻⁴ |
| $\log P_{jet}$ | $\log L_X$ | Blazar | 442 | 0.44±0.05 | 24.37±2.29 | 0.39 | <10⁻⁴ |
| $\log P_{jet}$ | $\log L_X$ | FSRQ | 215 | 0.99±0.08 | -0.89±3.17 | 0.64 | <10⁻⁴ |
| $\log P_{jet}$ | $\log L_X$ | BL Lac | 227 | 0.21±0.07 | 34.85±3.12 | 0.20 | 0.0027 |
| $\log P_{jet}$ | $\log L_\gamma$ | Blazar | 442 | 1.06±0.05 | -3.60±2.31 | 0.71 | <10⁻⁴ |
| $\log P_{jet}$ | $\log L_\gamma$ | FSRQ | 215 | 1.09±0.11 | -4.14±4.90 | 0.58 | <10⁻⁴ |
| $\log P_{jet}$ | $\log L_\gamma$ | BL Lac | 227 | 0.80±0.05 | 8.26±2.52 | 0.70 | <10⁻⁴ |

## 4 讨论

通过喷流功率与多波段光度的相关性分析研究结果我们发现：

（1）FSRQ 的多波段光度整体都大于 BL Lac，且两者各自的光度分布顺序不同。这可能跟两类耀变体的演化时期、吸积模式以及喷流辐射机制有关。

（2）对于耀变体整体和它的两个子类，喷流功率与射电光度、喷流功率与γ射线光度以及喷流功率与光学波段光度的相关性都很强，其中喷流功率与射电光度、喷流功率与γ射线光度拟合线的斜率都接近为 1。这表明射电辐射与γ射线辐射机制可能是高度相关的，并且它们的产生都是由喷流占主导的。在文[27]与[28]中，作者都研究了宽线区光度$L_{BLR}$与多波段光度的关系，并用$\gamma$射线光度表征喷流的强度来说明喷流-吸积盘的关系，我们的研究结果支持了他们的研究。

（3）而对于喷流功率与 X 射线的相关性分析，在 FSRQ 中两者有强相关性，在 BL Lac 中却只有弱相关。我们认为造成这样的结果可能有几种原因：在 BL Lac 中（a）一部分 X 射线产生于同步辐射过程的尾端，一部分 X 射线产生于 SSC 过程的开端，这对 X 射线的分布造成了较大离散。（b）由于 BL Lac 位于演化的晚期，其黑洞周围的吸积物质较少，导致通过外康普顿过程产生的 X 射线较少，从而导致与喷流功率的相关性较弱。

致谢：本文中所用的主要数据：多波段光度引用自文[17]，喷流功率引用自文[21]，在此我们感谢两位作者所提供的数据帮助。本文由国家自然科学基金（11063004），云南省中青年学术和技术带头人后备人才（2017HB020）资助。

# The correlations of multi-wave band luminosity and jet power in Fermi blazars

Ma Kaixuan[1, 2],Zhang Haojing[1, 2],Yan Peilin[1, 2],Lu Lin[1, 2],Zhang Huan[1, 2]

1 (College of Physics and Electronics，Yunnan Normal University，Kunming 650500,China)

2

(Key Laboratory of Colleges and Universities in Yunnan Province for High-energy Astrophysic

s, Kunming 650500, China）

**Abstract**：The jet radiation mechanism of fermi blazars is a very important problem. The correlation between jet power and multi-wave luminosity 442 blazars, including 215 flat-spectrum radio quasars (FSRQ) and 227 BL Lac. The results are as follows :(1) for FSRQ, jet power is strongly correlated with the luminosity of radio, optical band, X-ray and gamma rays. And the order of luminosity distrBution is：$logL_{\gamma}>logL_{O}>logL_{X}>logL_{R}$. (2) For BL Lac, jet power is strongly correlated with the luminosity of radio, optical bands and gamma-rays.But there is only a weak correlation between jet power and X-ray luminosity.And the order of luminosity distrbution is：$log\ L_{O}>logL_{\gamma}>logL_{X}>logL_{R}$. Moreover, the luminosity of each band of BL Lac is less than that of FSRQ.We believe that these differences are due to differences in the intrinsic properties of FSRQ and BL Lac, i.e., differences in accretion modes and jet radiation mechanisms, etc.

**Key words:**fermi blazars； jet power； luminosity； accretion model

## 参考文献：

［1］ 黄克谅． 类星体和活动星系核 ［M］． 北京: 中国科学出版社，2005

［2］FICHTEL C E，BERTSCH D L，CHIANG J，et al． The first energetic gamma-ray experiment telescope ( EGRET) source catalog ［J］． The Astrophysical Journal Supplement，1994，94( 2) : 551－581．

[3] Urry C M, Padovani P. UnFied schems for radio-loud active galactic nuclei[J]. Publications of the Astronomical Society of the Pacific,1995,107(715):803-845

[4] Meier D L,Koide S,Uchida Y. Magnetohydrodynamic Production of Relativistic Jets[J]. Science,2001,291(5501)

[5] Blandford R D, Znajek R L. Electromagnetic extraction of energy from Kerr black holes[J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 1977, 179(3):433-456

[6] Blandford R D, Payne D G. Hydromagnetic flows from accretion discs and the production of radio jets[J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 1982, 199(4):883-903.

[7] Ghisellini G, Madau P. On the origin of the gamma-ray emission in blazars[J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 1996,280(1):67-76

[8] 王雪品. 耀变体能谱分布及演化序列研究[D]. 云南师范大学, 2017.

WANG Xuepin. Studying on the spectral energy distribution and evolution sequence of blazars[D]. Yunnan Normal University, 2017.

[9] 王泽睿. 耀变体喷流的辐射机制研究[D]. 云南师范大学, 2018.

WANG Zerui, Study on the radiation mechanism of the blazar jet[D]. Yunnan Normal University, 2017.

[10] Beall J H, Bednarek W. On the Hadronic Beam Model for Gamma‐Ray Production in Blazars[J]. The Astrophysical Journal, 1999,510(1):188-196

[11] 黄霞. 费米平谱射电类星体（FSRQ）及 Seyfert 1 星系特性的研究[D]. 云南师范大学, 2016

[12] Maraschi L, Ghisellini G, Celotti A. A Jet Model for the Gamma-Ray--emitting Blazar 3C 279[J]. Astrophysical Journal Letters,

1992,397:L5.

[13] Marscher A P, Gear W K. Models for high-frequency radio outbursts in extragalactic sources, with application to the early 1983 millimeter-to-infrared flare of 3C 273.[J]. Astrophysical Journal, 1958,298:114-127

[14] Dermer C D, Schlickeiser R, Mastichiadis A. High-energy gamma radiation from extragalactic radio sources[J]. Astronomy & Astrophysics, 1992,256(2):L27-L30

[15] Blandford R D, Levinson A. Pair Cascades in Extragalactic Jets. I. Gamma Rays[J]. Astrophysical Journal, 1995,441:79-95

[16] Bednarek W. On the application of the mirror model for gamma-ray flare in 3C 279[J]. Astronomy and Astrophysics, 1998,336:123-129

[17] Fan J H , Yang J H , Liu Y , et al. The Spectral Energy DistrButions of Fermi Blazars[J]. Astrophysical Journal Supplement, 2016, 226(2).

[18] Acero F，Ackermann M et al. Fermi Large Area Telescope Third Source Catalog[J]. Astrophysical Journal Supplement, 2015, 218(2):280-286.

[19] Pedro R C，Priyamvada N. How robust are the constraints on cosmology and galaxy evolution from the lens-reds Ft test? [J] New Journal of Physics,2007,9:445

[20] Abdo A A,Ackermann M et al.The Spectral Energy DistrBution of Fermi Bright Blazars[J]. Astrophysical Journal,2010,716(1):30-70

[21] Liang Chen. On the Jet Properties of γ-Ray-loud Active Galactic Nuclei[J]. The Astrophysical Journal Supplement Series, 2018,235(2):39-57

[22] Ackermann M , Ajello M , Atwood W B , et al. THE THIRD CATALOG OF ACTIVE GALACTIC NUCLEI DETECTED BY THE FERMI LARGE AREA TELESCOPE[J]. The Astrophysical Journal, 2015,810(1):14-48

[23] Annalisa Celotti, Gabriele Ghisellini, The power of blazar jets. [J] Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2008,385(1):283-300

[24] Yuan F , Narayan R . Hot Accretion Flows Around Black Holes[J]. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 2014, 52(1):529-588.

[25] Ghisellini G , Maraschi L , Tavecchio F . The Fermi blazars divide[J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters,2009,396(1):L105-L109.

[26] 熊定荣. 费米耀变体喷流和光变的研究[D]. 中国科学院大学, 2016

XIONG Dingrong,Jet and Variability from Fermi Blazar[D]. University of Chinese Academy of Sciences,2016

[27] Xiong D R , Zhang H J , Zhang X , et al. Broad line and multi-wave luminosity relations in Fermi FSRQs[J]. Astrophysics and Space Science, 2013, 345(2):345-354.

[28] Wang Z , Xue R , Xie Z , et al. The correlations of multi-wave band luminosity and BLR luminosity in Fermi 2LAC blazars[J]. Astrophysics & Space Science, 2017, 362(10):189.